

PUBLICATION NUMBER : 2000175434
PUBLICATION DATE : 23-06-00

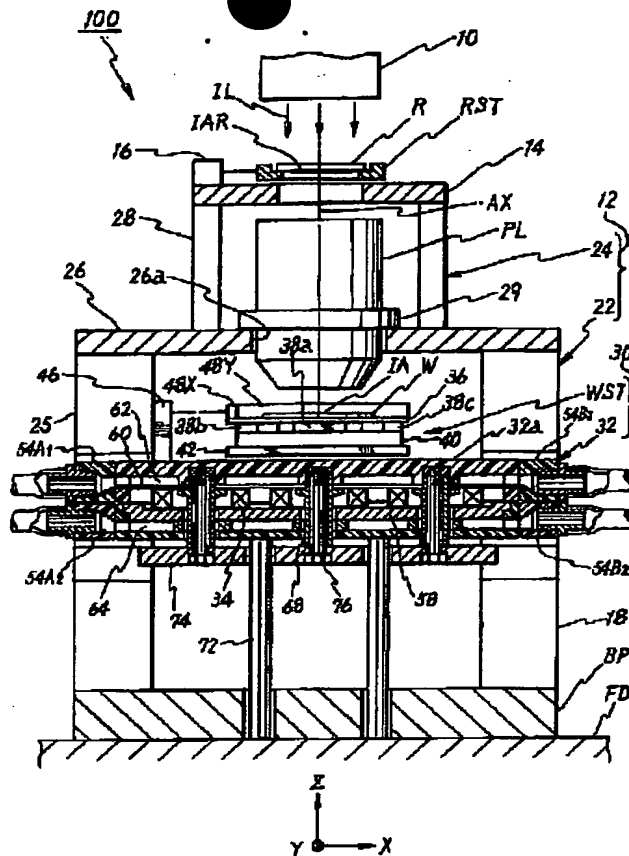
APPLICATION DATE : 04-12-98
APPLICATION NUMBER : 10345429

APPLICANT : NIKON CORP;

INVENTOR : TANAKA KEIICHI;

INT.CL. : H02K 41/03 H01L 21/027 H01L 21/68
H02K 3/24 H02K 9/04

TITLE : PLANAR MOTOR DEVICE AND
PROJECTION ALIGNER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a planar motor device for suppressing heat effects to a surrounding environment.

SOLUTION: When a current is supplied to an armature coil 34 that faces a magnetic pole unit 40, a wafer stage WST is driven along a traveling surface 32a by electromagnetic force. As a result, each armature coil 34 where a current is supplied generates heat. The armature coil 34 is arranged along the traveling surface in a base 32, and a first fluid path 62, where a first fluid flows in a laminar flow state is provided at the traveling surface side of the armature coil 34, and a second fluid path 64 where a second fluid flows in a laminar flow state is provided at the opposite side to the traveling surface. Therefore, a temperature boundary layer is formed in the flow of the first fluid for effectively preventing the heat of the armature coil 34 from being transferred to the traveling surface. At the same time, the heat transfer rate between the second fluid and a stator voke 58 increases, thus efficiently eliminating the heat of the armature coil 34 due to the second fluid.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-175434

(P2000-175434A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000. 6. 23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 2 K 41/03		H 0 2 K 41/03	A 5 F 0 3 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/68	K 5 F 0 4 6
21/68		H 0 2 K 3/24	C 5 H 6 0 3
H 0 2 K 3/24		9/04	Z 5 H 6 0 9
9/04		H 0 1 L 21/30	5 0 3 B 5 H 6 4 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-345429

(22) 出願日 平成10年12月4日 (1998. 12. 4)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 田中 慶一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤司 (外1名)

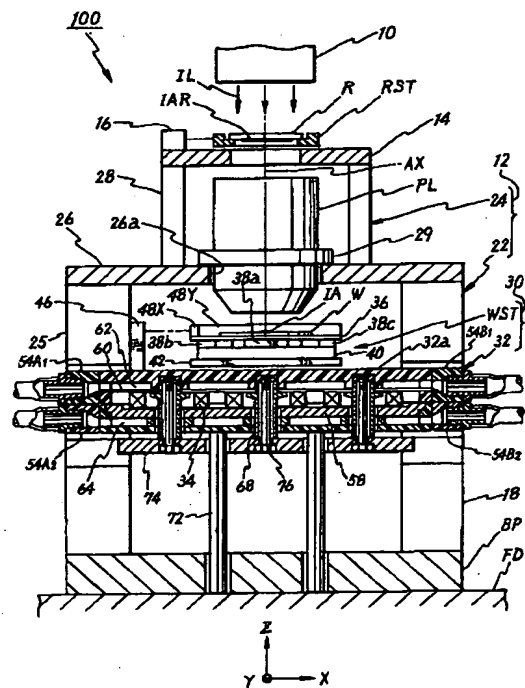
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平面モータ装置及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 周囲環境への熱的影響を抑制することができる平面モータ装置を提供する。

【解決手段】 磁極ユニット40に対向する電機子コイル34に電流が供給されると、ウエハステージWSTが電磁力により移動面32aに沿って駆動される。これにより、それぞれの電流が供給された電機子コイル34が発熱する。電機子コイル34はベース32内部に移動面に沿って配置され、その電機子コイルの移動面側に層流状態で第1の流体が流れる第1の流体通路62が、移動面と反対側に遷移流状態で第2の流体が流れる第2の流体通路64がそれぞれ設けられている。このため、第1流体の流れの中に温度境界層が形成され、電機子コイル34の熱が移動面へ伝達されるのが効果的に防止されるとともに、第2流体と固定子ヨーク58との熱伝達率が大きくなって第2流体により電機子コイル34を効率的に除熱することが可能となる。



(2) 000-175434 (P2000-ch:i34)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の移動面に沿って移動する移動装置と；前記移動装置と対向する側に前記移動面が形成された固定装置とを備え、前記移動装置と前記固定装置との一方が磁極ユニットを有し、

前記移動装置と前記固定装置との他方が、電機子コイルと、当該電機子コイルの前記移動面側に設けられた断熱室と前記電機子コイルの前記移動面と反対側に設けられた冷却室とを有することを特徴とする平面モータ装置。

【請求項2】 前記断熱室と前記冷却室との内部は、流れ条件の異なる流体が流れる流体通路となっていることを特徴とする請求項1に記載の平面モータ装置。

【請求項3】 前記断熱室の内部の流体の流れが層流となり、前記冷却室内の流体の流れがほぼ遷移流となるように、流れ状態を調整した第1、第2の流体を前記第1、第2の流体通路内にそれぞれ供給する流体供給装置を備えることを特徴とする請求項2に記載の平面モータ装置。

【請求項4】 前記流体供給装置は、前記断熱室内を流れる流体の流れ方向と、前記冷却室内を流れる流体の流れ方向とが、同一方向又は逆方向になるように、前記各流体通路内に流体をそれぞれ供給することを特徴とする請求項3に記載の平面モータ装置。

【請求項5】 前記固定装置は、前記移動面が一侧に設けられた第1の壁と、当該第1の壁を他側から支持する変形防止部材とを有することを特徴とする請求項2～4のいずれか一項に記載の平面モータ装置。

【請求項6】 前記固定装置は、その内部に前記移動面に沿って配置された電機子コイルと、当該電機子コイルの前記移動面側に設けられた断熱室と前記電機子コイルの前記移動面と反対側に設けられた冷却室とをし、前記変形防止部材は、その断面形状が前記断熱室内の流体通路部分が翼形状に形成されていることを特徴とする請求項5に記載の平面モータ装置。

【請求項7】 前記電機子コイルの前記移動面側に板状の仕切り部材を設け、前記移動面が一侧に設けられた第1の壁と前記仕切り部材との間に前記断熱室内の流体通路が形成されていることを特徴とする請求項6に記載の平面モータ装置。

【請求項8】 前記各流体の温度を、予め装置雰囲気温度よりも低い温度に制御する温度制御装置を備えることを特徴とする請求項2～7のいずれか一項に記載の平面モータ装置。

【請求項9】 前記移動面が設けられた第1部材と振動に関して絶縁され、前記固定装置を構成する前記電機子コイル又は磁極ユニットを保持する保持部材を更に備えたことを特徴とする請求項1～8に記載の平面モータ装置。

【請求項10】 所定の移動面に沿って電磁力により移動する移動子と、前記移動子と対向する側に前記移動面

が形成された第1部材を有し、その内部に前記移動面に沿って配設された固定子を有するベースとを備えた平面モータ装置において、

前記移動子と前記固定子との一方が磁極ユニットを有し、前記移動子と固定子との他方が電機子コイルを有しており、

前記第1部材と振動に関して絶縁され、前記固定子を保持する保持部材を備えたことを特徴とする平面モータ装置。

【請求項11】 所定のパターンを基板上に転写する露光装置であって、

前記基板を駆動する基板ステージ装置に請求項1～10のいずれか一項に記載の平面モータ装置を用いたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面モータ装置及び露光装置に係り、さらに詳しくは、移動子（可動子）を電磁力により2次元方向に駆動する平面モータ装置、及び該平面モータ装置を基板ステージ装置に用いた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する露光装置が用いられている。

【0003】この露光装置では、ウエハを高精度に露光位置に位置決めする必要があるため、ウエハはウエハホルダ上に真空吸着等によって保持され、このウエハホルダがウエハテーブル上に固定されている。

【0004】ウエハテーブル等の制御対象を直線若しくは平面上で移動させたり、目標位置に位置決めするための駆動装置として、従来は回転型モータと回転運動を直線運動に変換する変換機構を有するものが多用いられていたが、近年では、制御対象をより高速に、機械的な案内面の精度等に影響されず高精度に位置決めするとともに、かつ機械的な摩擦を回避して長寿命とするために、制御対象を非接触で2次元方向に駆動することにより、制御対象を位置決めするステージ装置が開発されている。かかる非接触駆動のステージ装置の駆動源として、可変磁気抵抗駆動方式の平面モータが知られている。

【0005】上記可変磁気抵抗駆動方式の平面モータとしては、現状では、ソイヤモータのように可変磁気抵抗駆動方式のリニアパルスモータを2軸分結合させた構造が主流である。この可変磁気抵抗駆動方式のリニアパルスモータは、例えば、凸凹状の歯部が長手方向に沿って等間隔に形成された板状の磁性体によって構成された固

(3) 000-175434 (P2000-1) 贈械

定子と、該固定子の凸凹状の歯部と対向し、この凸凹状歯部とは異なる位相の凸凹部を有する複数の電機子コイルが永久磁石を介して連結された可動子とを備える。そして、各時点における固定子との可動子との間の磁気抵抗を最小にしようとして発生する力を利用して、可動子を駆動する。すなわち、各電機子コイルに供給されるパルス電流の電流値及び位相を調整・制御することにより可動子をステップ状に歩進動作させる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述した可変磁気抵抗駆動方式の平面モータを、精密位置決め装置に用いて高速な位置決めを実現するためには、大きな駆動力を得ることが必要となるが、このためには電機子コイルに必然的に大きな電流を流さなければならない。そのため、電機子コイルの発熱が大きな問題となる。

【0007】しかし、可変磁気抵抗駆動の平面モータでは電機子コイルの冷却は現在採用されておらず、同平面モータの精密位置決め装置への適用は困難である。

【0008】また、リニアモータを2次元方向に展開したローレンツ電磁力駆動による平面モータも開発されている（例えば米国特許（USP）第5196745号公報参照）。かかるローレンツ電磁力式の平面モータは、制御性、推力線形性、位置決め性に優れていることから、将来的にはステージ駆動源として有力であると言われている。

【0009】しかしながら、かかるローレンツ電磁力駆動の平面モータにおいても、大きな推力を得るためには、電機子コイルに大きな電流を流さなければならず、電機子コイルが発熱源となる。従って、精密位置決め装置環境を考えた場合、熱的影響を低減させる平面モータの実現には冷却設計が不可欠である。

【0010】また、ローレンツ電磁力駆動の平面モータ等においては、通常電機子コイルへの電流供給等の都合から、電機子コイルを含む電機子ユニットを固定子とするが、かかる平面モータを、投影光学系を備えた投影露光装置の基板ステージの駆動源として採用する際には、固定子が投影光学系を保持する本体コラムに物理的に固定されることが多く、かかる場合に、可動子の駆動により固定子に作用する反力が投影光学系の振動要因となり、結果的に、パターン転写位置ずれや線幅均一性の悪化（線幅太り）の要因となる。しかしながら、平面モータを用いた露光装置は、その開発の緒についたばかりの段階にあり、従って、電機子ユニット等の固定子に作用する反力をその支持構造体に伝えないようにする機構は知られていない。

【0011】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、周囲環境への熱的影響を抑制することができる平面モータ装置を提供することにある。

【0012】また、本発明の第2の目的は、高スループットを維持しつつ高精度な露光が可能な露光装置を提供

することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明に係る平面モータ装置は、所定の移動面（32a）に沿って移動する移動装置（40、42）と；前記移動装置と対向する側に前記移動面が形成された固定装置（32）とを備え、前記移動装置と前記固定装置との一方が磁極ユニット（40）を有し、前記移動装置と前記固定装置との他方が、電機子コイル（34）と、当該電機子コイルの前記移動面側に設けられた断熱室（62）と前記電機子コイルの前記移動面と反対側に設けられた冷却室（64）とを有することを特徴とする。

【0014】これによれば、移動装置又は固定装置を構成する電機子コイルに電流が供給されると、該電機子コイルと磁極ユニット（を構成する磁石）との間の電磁相互作用によって発生する電磁力により移動装置が移動面に沿って移動する。移動装置をある方向に移動し続ける場合は、移動装置の移動位置に応じて磁極ユニット（磁石）に対向する電機子コイル（ムービングマグネット型の場合）又は全ての電機子コイル（ムービングコイル型の場合）に電流が供給されることとなる。これにより、それぞれの電流が供給された電機子コイルが発熱する。この場合、電機子コイルの移動面側に断熱室が、移動面と反対側に冷却室がそれぞれ設けられている。このため、断熱室の断熱作用により電機子コイルで発生した熱が移動面側に伝達されるのが抑制ないしは防止され、冷却室により電機子コイルが冷却される。従って、電機子コイルを冷却できるとともに、電機子コイルで発生した熱が周囲環境へ与える影響を抑制することができる。

【0015】この場合において、断熱及び冷却方法は種々考えられ、これに応じて断熱室、冷却室の構成も種々考えられるが、例えば、請求項2に記載の発明の如く、前記断熱室（62）と前記冷却室（64）との内部は、流れ条件の異なる流体が流れる流体通路となっても良い。かかる場合には、断熱室及び冷却室内の流体通路内に、流れ条件の異なる同一若しくは異なる流体を流すようにすることにより、請求項1に記載の発明と同様に、冷却室内の流体との熱交換により移動面と反対側から電機子コイルを冷却できるとともに、電機子コイルで発生した熱が移動面側へ伝達されるのを断熱室内の流体の断熱作用により抑制あるいは防止して周囲環境へ与える熱的影響を抑制することができる。

【0016】この場合において、請求項3に記載の発明の如く、前記断熱室の内部の流体の流れが層流となり、前記冷却室内の流体の流れがほぼ遷移流となるように、前記各流体通路内の流体の流れ状態を調整して前記各流体通路内に第1、第2の流体を供給する流体供給装置（102）を備えても良い。かかる場合には、断熱室内の第1流体の流れの中に温度境界層が形成され、移動面側への熱の伝達が効果的に防止されるとともに、冷却室

(4) 000-175434 (P2000-Ux34)

内の第2流体と電機子コイル側の壁との熱伝達率が大きくなって第2流体により電機子コイルを効率的に除熱することが可能となる。

【0017】この場合において、請求項4に記載の発明の如く、前記流体供給装置(102)は、前記断熱室(62)内を流れる流体の流れ方向と、前記冷却室(64)内を流れる流体の流れ方向とが、同一方向又は逆方向になるように、前記各流体通路内に流体をそれぞれ供給することが望ましい。断熱室内を流れる流体の流れ方向と冷却室内を流れる流体の流れ方向とが同一方向である場合には、移動装置及び固定装置の内の電機子コイルを有する一方の装置をほぼ均一に冷却することができ、また、断熱室内を流れる流体の流れ方向と冷却室内を流れる流体の流れ方向とが逆方向である場合には、上記一方の装置全体の温度を下げるができる。

【0018】上記請求項2～4に記載の各発明において、請求項5に記載の発明の如く、前記固定装置は、前記移動面が一侧に設けられた第1の壁(57)と、当該第1の壁を他側から支持する変形防止部材(56a、68)とを有していても良い。空気浮上方式の平面モータ装置の場合、固定装置側の移動面は、通常エアガイドを兼ねるが、この場合、変形防止部材により移動面が設けられた第1の壁が支持されているので、移動面が空気圧に対抗し得る剛体構造となり、移動装置を高剛性で支持することが可能となる。

【0019】この場合において、請求項6に記載の発明の如く、前記固定装置(32)が、その内部に前記移動面(32a)に沿って配置された電機子コイル(34)と、当該電機子コイルの前記移動面側に設けられた断熱室(62)と前記電機子コイルの前記移動面と反対側に設けられた冷却室(64)とを有する場合には、前記変形防止部材(56a、68)の断面形状は、前記断熱室(62)内の流体通路部分が翼形状に形成されていることが望ましい。断熱室内、冷却室内の第1、第2流体の流れ内に変形防止部材が存在するので、この変形防止部材により第1、第2流体の流れが乱れることがあり得るが、かかる場合に断熱室内部の流体通路内の流体の流れが遷移流あるいは乱流状態となるのを抑制できるからである。

【0020】この場合において、請求項7に記載の発明の如く、前記電機子コイル(34)前記移動面(32a)側に板状の仕切り部材(60)を設け、前記移動面が一侧に設けられた第1の壁(57)と前記仕切り部材との間に前記断熱室内の流体通路(62)が形成されていても良い。

【0021】上記請求項2～7に記載の各発明において、請求項8に記載の発明の如く、前記各流体の温度を、予め前記ベース(32)の雰囲気温度よりも低い温度に制御する温度制御装置(106、108)を備えていても良い。かかる場合には、より効率的に電機子コ

イルを除熱することができる。

【0022】上記請求項1～8に記載の各発明において、請求項9に記載の発明の如く、前記移動面(32a)が設けられた第1部材(56A)と振動に関して絶縁され、前記固定装置(32)を構成する電機子コイル又は磁極ユニットを保持する保持部材(56B、72)を更に備えていても良い。かかる場合には、移動装置が移動すると、その反力が固定装置を構成する電機子コイル又は磁極ユニットに作用するが、この電機子コイル又は磁極ユニットは第1部材と振動に関して絶縁された保持部材に保持されているので、前記反力は電機子コイル又は磁極ユニットを介して第1部材に伝達されることがない。従って、移動装置の駆動に伴う第1部材(移動面)の振動を防止することができる。請求項10に記載の発明は、所定の移動面(32a)に沿って電磁力により移動する移動子(40、42)と、前記移動子と対向する側に前記移動面が形成された第1部材(56A)を有し、その内部に前記移動面に沿って配設された固定子(34、58)を有するベース(32)とを備えた平面モータ装置において、前記移動子と前記固定子との一方が磁極ユニットを有し、前記移動子と固定子との他方が電機子コイルを有しており、前記第1部材と振動に関して絶縁され、前記固定子を保持する保持部材(56B、72)を備えたことを特徴とする。

【0023】これによれば、電磁力により移動面に沿って移動子が移動すると、その反力をベース内の固定子が受けるが、該固定子は移動面が形成された第1部材と振動に関して絶縁された保持部材に保持されているので、前記反力は固定子及び保持部材を介して大地(床面)に伝達されるのみで、第1部材に伝わることはない。従って、移動子の駆動に伴う第1部材(移動面)の振動を防止することができる。

【0024】請求項11に記載の発明は、所定のパターンを基板(W)上に転写する露光装置であって、前記基板を駆動する基板ステージ装置(30)に請求項1～10のいずれか一項に記載の平面モータ装置を用いたことを特徴とする。

【0025】これによれば、請求項1～10のいずれか一項に記載の平面モータ装置が基板ステージ装置に用いられていることから、基板を非接触で、かつ電磁力により駆動することができ、また、電機子コイルの発熱による熱的影響を効果的に低減することができるので、基板の位置を計測する干渉計ビームの空気揺らぎ等を抑制することができる。従って、高速かつ高精度な基板の位置制御が可能となり、結果的にスループットを向上しつつ高い露光精度で露光を行うことが可能になる。特に、投影光学系を備えた投影露光装置の場合には、請求項9又は10に記載の平面モータ装置を基板ステージ装置に用いることが望ましい。かかる場合には、投影光学系を保持する本体コラムに移動面が設けられた第1部材が固定

(5) 000-175434 (P2000-ch34)

されても、移動装置（移動子）を含む基板ステージが移動する際に、固定装置（固定子）に作用する反力により、第1部材及び本体コラム、更には本体コラムに保持された投影光学系が振動することがないので、パターン転写位置ずれや線幅均一性の悪化等が生じることがなくなり、一層露光精度を向上させることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図7に基づいて説明する。図1には、本発明に係る平面モータ装置が基板ステージ装置に用いられた、一実施形態の露光装置100の全体的な構成が概略的に示されている。この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の走査型露光装置である。後述するように、本実施形態では、投影光学系PLが設けられているので、以下においては、その投影光学系PLの光軸AX方向をZ軸方向、これに直交する面内でレチクルRとウエハWとが相対走査される方向をY軸方向、これらZ軸及びY軸に直交する方向をX軸方向として説明を行う。

【0027】この露光装置100は、照明光学系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、前記レチクルステージRST及び投影光学系PLを保持する本体コラム12、ベースプレートBP、及び基板としてのウエハWをXY平面内で駆動する基板ステージ装置30等を備えている。

【0028】この露光装置100は、実際には、内部の温度・湿度が高精度に調整され、高度に防塵された不図示のエンバイロメンタル・チャンバ内に収納されている。この露光装置の露光用光源としては、波長248nm（又は193nm）のパルス紫外光を発生する不図示のKrFエキシマレーザ光源（又はArFエキシマレーザ光源）が用いられている。このエキシマレーザ光源は、実際には、露光装置100が設置される超クリーンルームに比べてクリーン度の低いサービスルームに設置されている。このエキシマレーザ光源は、不図示のビームマッチングユニットを介して照明光学系10に接続されている。

【0029】前記照明光学系10は、例えば特開平10-214783号公報に開示されよう、シャッター、ビームエキスパンダ、2次光源形成光学系（フライアイレンズ系）、振動ミラー、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成され、露光用照明光（パルス紫外光）ILによりレチクルR上の矩形（あるいは円弧状）の照明領域IARを均一な照度で照明する。

【0030】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。また、このレチクルステージRSTは、レチクルベース盤14上をリニアモータ等で構成されたレチクル駆動部15（図1では図示省略、図6参照）により、所定の走査方

向（ここではY軸方向）に指定された走査速度で移動可能となっている。なお、レチクル駆動部15は、レチクルステージRSTに接続された移動子（可動子）と、この移動子と協働する（例えば電磁相互作用により電磁力を発生する）固定子とを有している。この固定子は本体コラム12とは振動的に絶縁されたフレーム（図示省略）に配設されている。このため、レチクルステージRSTを駆動した際に上記固定子に作用する反力が本体コラム12に伝わることはない。また、このレチクルステージRSTは、XY面内でY軸方向、X軸方向及び θ z方向（Z軸回りの回転方向）に微小駆動可能な構成となっている。ここで、前記レチクルベース盤14は、後述する本体コラム12の一部を構成するものである。

【0031】レチクルステージRSTの移動面内の位置は、レチクルベース盤14上に固定された位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。このレチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報は、制御装置50（図1では図示省略、図6参照）に送られ、制御装置50ではレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクル駆動部15を介してレチクルステージRSTを駆動する。なお、前述したように、レチクルステージRSTを駆動した際に発生する反力が本体コラム12に伝わらないので、レチクルベース盤14上にレチクル干渉計16を配設しても何らの不都合はなく、高精度な位置検出が可能である。

【0032】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系である。このため、照明光学系10からの照明光ILによってレチクルRの照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光により、投影光学系PLを介してレチクルRの照明領域IAR内の回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にフォトリソグが塗布されたウエハW上の照明領域IARに共役な露光領域IAに形成される。

【0033】前記本体コラム12は、床面FD上に設置された装置の基準となるベースプレートBPの上面に複数（ここでは4つ）の防振台18を介して載置された第1コラム22と、この第1コラム22の上部に投影光学系PLを囲む状態で配置された第2コラム24とを備えている。

【0034】第1コラム22は、前記4つの防振台18上にそれぞれ搭載され、鉛直方向に延びる4本の柱25（但し、紙面手前側の2本の柱は図示省略）と、これら

(6) 000-175434 (P2000-034)

の柱25の上端面を相互に連結する鏡筒定盤26とを備えている。

【0035】また、第2コラム24は、鏡筒定盤26の上面に投影光学系PLを取り囲むように鉛直方向に沿ってそれぞれ配設された4本の脚部28と、これら4本の脚部28上端を相互に連結する天板部、すなわちレチクルベース盤14とを備えている。

【0036】前記鏡筒定盤26には、その中央部に平面視で円形の開口26aが形成され、この開口26a内に投影光学系PLが上方から挿入されている。投影光学系PLの高さ方向の中央やや下側の部分には、フランジ部29が設けられ、このフランジ部29を介して鏡筒定盤26によって投影光学系PLが下方から支持されている。

【0037】本実施形態では、本体コラム12に伝わる床面FD側からの微振動は、前記4つの防振台18によってマイクロレベルで絶縁されるようになっている。なお、前記本体コラム12を構成する4本の柱25のY軸方向の内面側には、次に説明する基板ステージ装置30を構成するベース32のY軸方向一端部、他端部を上下から非接触状態で挟み込むような形状及び寸法の凹部が形成されている。

【0038】前記基板ステージ装置30は、その上面にXY平面に平行な移動面32aが形成されるとともにその内部に複数の電機子コイル34を有する固定装置としてのベース32と、ウエハWを保持して移動面32aに沿ってXY面内で移動するウエハステージWSTとを備えている。

【0039】ウエハステージWSTは、ウエハWを例えば真空吸着等によって保持する基板テーブル36と、該基板テーブル36をそれぞれ異なる3点で支持し、Z軸方向及びXY面に対する傾斜方向に駆動するボイスコイルモータ等を含む支持機構38a、38b、38cと、これら3つの支持機構38a、38b、38c及び基板テーブル36が搭載された磁極ユニット40と、上記磁極ユニット40、支持機構38a、38b、38c及び基板テーブル36の全体を移動面32aの上方に数 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持するエアスライダ42とを備えている。ここで、支持機構38a~38cは、図1では図示が省略されているが、実際には制御装置50によって独立に駆動制御されるようになっている(図6参照)。

【0040】前記エアスライダ42は、例えば平面視で田の字状の形状を有する一種の空気静圧軸受け装置であり、図示は省略したが、その内部に加圧空気の供給路及びバキューム用の通路等が形成されている。そして、前記の加圧空気の供給路が不図示のチューブを介して不図示の空気ポンプに接続され、また、バキューム用の通路が不図示のチューブを介して不図示の真空ポンプに接続されている。一方、エアスライダ42の底面には、前記

加圧空気の供給路に接続されたエアパッドと、前記のバキューム用の通路に接続されたエアポケットとがそれぞれ設けられている。

【0041】磁極ユニット40は、例えば支持機構38a~38cがその上面に搭載された磁性体板と、該磁性体板の下面(移動面32a対向側の面)に2行2列のマトリクス状に配置された4つの永久磁石から成る推力発生磁石とを含んで構成される。磁極ユニット40は、ここでは4つの推力発生磁石のそれぞれがエアスライダ42の田の字を形成する各開口部に上方から嵌合して一体化されている。この場合、上記4つの推力発生磁石のそれぞれは、同一厚さ、同一形状の永久磁石から成り、正形状の磁極面を有している。そして、これら4つの推力発生磁石は、行方向及び列方向、すなわちX、Y両方向で隣り合う推力発生磁石相互間の間隙が所定幅となるように、同一平面上に2行2列のマトリクス状に配置されている。そして、X方向で隣り合う推力発生磁石同士、Y方向で隣り合う推力発生磁石同士では磁極面の極性が互いに反対とされている。このようにして構成された磁極ユニット40及びエアスライダ42によって、平面モータ装置の移動子(可動子)としての移動装置が構成されている。

【0042】本実施形態では、ウエハステージWSTの全体の自重と、磁極ユニット40を構成する推力発生磁石(永久磁石)と後述する固定子ヨーク58との間の磁氣的吸引力と、不図示の真空ポンプによる真空吸引力(与圧力)との総和に相当する下向きの力と、空気ポンプから供給されエアパッドを介して移動面32aに向かって吹き出される加圧空気の圧力による上向きの力、すなわちウエハステージWST底面と移動面32aとの間の空気層の静圧(いわゆるすきま内圧力)とのバランスによって、その空気層の厚さ、すなわち軸受け隙間が所望の値に維持されるようになっている。このように、エアスライダ42は、一種の真空与圧型の空気静圧軸受けを構成しており、このエアスライダ42によってウエハステージWSTの全体が移動面32aの上方に例えば5 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持されている(図1参照)。

【0043】なお、本実施形態では、上記の如く、エアスライダ42に加圧空気の供給路とバキューム用の通路、及びこれらにそれぞれ接続されたエアパッド、エアポケットを設けたが、バキューム用の通路等は必ずしも設ける必要はない。

【0044】前記基板テーブル36上には、走査方向であるY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡48Yと非走査方向であるX軸方向に直交する反射面を有する移動鏡48Xとが設けられている。これらの移動鏡48X、48Yを介して位置検出装置であるウエハレーザ干渉計(以下、「ウエハ干渉計」という)46によって、基板テーブル36のXY面内での位置が例えば0.5~

(7) 000-175434 (P2000-0B34)

1 nm程度の分解能で常時検出されている。この場合、後述するように、ウエハステージWSTを駆動した際に発生する反力が本体コラム12に伝わらないようになっているので、ウエハ干渉計46は、ベース32の上面に固定されている。なお、実際には、ウエハ干渉計46は、移動鏡48Xに測長ビームを照射しその反射光に基づいてウエハテーブル36のX方向の位置を計測するウエハX干渉計46Xと、移動鏡48Yに測長ビームを照射しその反射光に基づいてウエハテーブル36のY方向の位置を計測するウエハY干渉計46Yとが設けられているが(図6参照)、図1ではこれらが代表的にウエハ干渉計46として示されている。

【0045】基板テーブル36の位置情報(又は速度情報)は制御装置50に送られ、制御装置50では前記位置情報(又は速度情報)に基づいて基板テーブル36のXY面内の移動を制御する。

【0046】次に、平面モータ装置の固定装置を構成するベース32の構成について図2～図4に基づいて詳述する。図2には、基板ステージ装置30の平面図が示され、図3には、図1のベース32部分の拡大図が示され、図4にはベース32の組み立て方法を説明するための分解図が示されている。

【0047】前記ベース32は、図2に示されるように、平面視で見て正方形のベース本体52と、このベース本体52のX軸方向の両端に取り付けられた一対のジョイント取付部材54A、54Bとから構成されている。

【0048】ベース本体52は、図2及び図3に示されるように、平面視正方形で縦断面が長方形の全体形状を有する中空箱型のセラミック等の非磁性体材料から成る容器56と、この容器56の底壁から所定の空隙(例えば2mm程度の空隙)を隔てて該底壁に平行に配置された熱伝導率の高い、具体的には、熱伝導率が30 [W/(m・K)]以上の磁性体材料から成る平板状の固定子ヨーク58と、この固定子ヨーク58の上面に正方向マトリクス状にXY2次元方向に配列された $n \times n$ 個(図3では $n=3$ の場合が示されている)の電機子コイル34と、これらの電機子コイル34の上面から例えば数 μm ～数百 μm 程度のクリアランスを隔てた状態で、かつ第1の壁としての容器56の天井壁(上壁)57から所定の空隙(例えば2mm程度の空隙)を隔てて該天井壁57(図5参照)に平行に配置された仕切り部材としてのプラスチック等の非磁性体材料から成るフィルム60とを備えている。ここで、フィルム60と各電機子コイル34とを非接触にしたのは、電機子コイル34で発生した熱がフィルム60に直接的に熱伝導により伝わらないようにするためである。

【0049】この場合、容器56の天井壁57とフィルム60との間の空間は、第1の流体通路62を形成している。また、容器56の底壁と固定子ヨーク58との間

の空間は、第2の流体通路64を形成している。

【0050】前記各電機子コイル34としては、ここでは中空の正方形コイルが用いられている。これらの電機子コイルの配列間隔は、前述した推力発生磁石の配列間隔と所定の関係を満足している。

【0051】前記容器56の天井壁57のウエハステージWST対向側の面(上面)には、ウエハステージWSTの移動面32aが形成されている。

【0052】前記容器56の天井壁57の移動面32aと反対側(下面側)には、図3に示されるように、所定間隔で $n \times n$ 個(図3では $n=3$)の突起部56aが形成されている。これらの突起部56aは、図3に示される組み付け状態で、各電機子コイル34の中空部の中央に対応する位置にそれぞれ設けられている。これらの突起部56aの横断面の外形の形状は、ここでは、X軸方向に細長く延びる翼形状、具体的には航空機の翼に用いられている層流翼(例えばNACA 64 A218)をスケールダウン化した形状とされている。かかる翼形状とする理由については後述する。また、各突起部56aのほぼ中央部には、断面円形の所定深さの凹部56bがそれぞれ形成され、該凹部56bの内底面にナット66がそれぞれ埋め込まれている。

【0053】前記フィルム60には、各突起部56aに対向する位置に、凹部56bより僅かに大径の円形開口がそれぞれ形成されている。そして、フィルム60の各円形開口のそれぞれを介して、中空の柱68の一端(上端)が下方から凹部56b内に圧入されている。各柱68には、前記フィルム60を前記突起部56aとの間で挟持するためのつば部(フランジ部)が所定の高さ位置に形成されている。

【0054】前記固定子ヨーク58、前記容器56の底壁には、前記各突起部56aに対向する位置に、同一直径の円形開口58a、円形開口56cがそれぞれ形成されている。この場合、これらの円形開口58a、56cと同軸で同一の内径を有するリング状のスペーサ70が、各円形開口58a、56cのそれぞれに対応して固定子ヨーク58と容器56の底壁との間に設けられている。すなわち、各円形開口58aの内周面、スペーサ70及び各円形開口56cの内周面によって、上下方向に所定長さで延びる一連の断面円形の丸孔が形成されている。そして、この丸孔を介して、柱68の他端(下端)が容器56の底面から外部に突出している。

【0055】容器56の底壁の下面側には、所定間隔で配置された複数(ここでは6本)の支柱72の一端がそれぞれ固定され、支柱72の他端側は、ベースプレートBPに形成された開口を介して床面FDに固定されている(図1参照)。

【0056】また、前記各柱68の他端面には、所定間隔で段付きの円形開口74aが形成された板状の固定部材74の上面が圧接され、固定部材74の各円形開口7

(8) 000-175434 (P2000-chBB 械

4aを介してボルト76が下方から柱68の中空部に挿入され、該ボルト76が前述したナット66に螺合している。前記固定部材74は、第1コラム22を構成する4本の柱25に固定されている。

【0057】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、前記複数の柱68と各柱68が圧入された突起部56aとによって、第1の壁としての容器56の天井壁57の変形を防止するために天井壁57を下方から支持する変形防止部材が構成されている。なお、天井壁57を突起部のない全くの平板状とし、変形防止部材を上記の突起部56aと柱68とが一体化された形状の柱状部材によって構成することは可能である。

【0058】ベース本体52は、以上のようにして構成され、容器56は見かけ上は1つの容器を構成しているが、実際には、高さ方向のほぼ中央位置を境界として2つの部分に分離可能である(図4参照)。すなわち、本実施形態では、容器56は、図4に示されるように、中空の箱型容器を高さ方向で2分割した第1部材としての上側部材56Aと、第2部材としての下側部材56Bとの2部分から構成されている。そして、組み付け前の状態では、上側部材56Aにフィルム60及び柱68等が仮止めにより一体化され、下側部材56Bに、固定子ヨーク58及び電機子コイル34等が組み付けられている。また、上側部材56A側に第1の流体通路62が設けられ、下側部材56B側に第2の流体通路64が設けられている。

【0059】すなわち、支柱72は、ベースプレートBP(本体コラム12)とは振動的に独立して、電機子コイル34、固定子ヨーク58、及び下側部材56Bを支持している。なお、図1及び図3の組み付け後の状態(完成状態)では上側部材56A、フィルム60、柱68及び固定部材74は、本体コラム12(ベースプレートBP側)により支持されている。

【0060】前記一対のジョイント取付部材54A、54Bは、ベース本体52に溶接等により一体的に取り付けられている。これらのジョイント取付部材54A、54Bも、実際には、図4に示されるように、容器56の上側部材56Aにそれぞれ一体化された上側取付部材54A₁、54B₁と、下側部材56Bにそれぞれ一体化された下側取付部材54A₂、54B₂とから構成される。

【0061】一方のジョイント取付部材54Aの上側取付部材54A₁、下側取付部材54A₂には、その長手方向に沿って所定間隔でX方向を軸方向とする所定深さのねじ穴78a、78bがそれぞれ複数形成されている(図2参照)。同様に、他方のジョイント取付部材54Bの上側取付部材54B₁、下側取付部材54B₂には、その長手方向に沿って所定間隔でX方向を軸方向とする所定深さのねじ穴78c、78dがそれぞれ複数形成されている(図2参照)。

【0062】前記一方の上側取付部材54A₁には、図

4に示されるように、各ねじ穴78aに一端が連通する側面視でX方向一側から他側に向かって高さ方向(Z方向)の寸法が直線的に小さくなる断面直角三角形形状の溝80aがそれぞれ形成されている。前記容器56の上側部材56AのX方向一側の側壁には、第1の流体通路62と同一高さかつ同一のY方向幅寸法を有する断面が細長い矩形の貫通孔82aが形成されており、この貫通孔82aを介して前記各溝80aと第1の流体通路62とが連通している。各溝80aの内底面にフィルム60のX方向一側の端部が密接している。

【0063】同様に、他方の上側取付部材54B₁には、図4に示されるように、各ねじ穴78cに一端が連通する側面視でX方向他側から一側に向かって高さ方向(Z方向)の寸法が直線的に小さくなる断面直角三角形形状の溝80cがそれぞれ形成されている。前記容器56の上側部材56AのX方向他側の側壁には、前記貫通孔82aと同様の貫通孔82cが形成されており、この貫通孔82cを介して前記各溝80cと第1の流体通路62とが連通している。各溝80cの内底面にフィルム60のX方向他側の端部が密接している。

【0064】また、一方の下側取付部材54A₂には、図4に示されるように、各ねじ穴78bに一端が連通する側面視でX方向一側から他側に向かって高さ方向(Z方向)の寸法が直線的に小さくなる断面直角三角形形状の溝80bがそれぞれ形成されている。前記容器56の下側部材56BのX方向一側の側壁には、前記第2の流体通路64と同一高さかつ同一のY方向幅寸法を有する断面が細長い矩形の貫通孔82bが形成されており、この貫通孔82bを介して前記各溝80bと第2の流体通路64とが連通している。

【0065】同様に、他方の下側取付部材54B₂には、図4に示されるように、各ねじ穴78dに一端が連通する側面視でX方向他側から一側に向かって高さ方向(Z方向)の寸法が直線的に小さくなる断面直角三角形形状の溝80dがそれぞれ形成されている。前記容器56の下側部材56BのX方向他側の側壁には、前記貫通孔82bと同様の貫通孔82dが形成されており、この貫通孔82dを介して前記各溝80dと第2の流体通路64とが連通している。

【0066】また、前記各溝80a及び各溝80bの平面断面は、図2の平面図から明らかなように、X方向一側から他側に向かってY方向の幅寸法が直線的に大きくなる二等辺三角形形状となっている。すなわち、溝80a及び溝80bのYZ断面における断面積は、X方向の位置に関係なく一定となっている。

【0067】前記各溝80c及び各溝80dの平面断面は、溝80a及び溝80bと左右対称の二等辺三角形形状に形成され、同様にYZ断面における断面積は、X方向の位置に関係なく一定となっている(図2参照)。

【0068】前記各ねじ穴78a、78bには、図3に

(9) 000-175434 (P2000-01横械

示されるように、外周部に雄ねじが形成された冷媒供給用ジョイント86A、86Bの一端がそれぞれ取り付けられ、これらの冷媒供給用ジョイント86A、86Bの他端は、図2に示されるように、冷媒供給管88A、88Bをそれぞれ介して後述する冷媒供給装置102に接続されている(図5参照)。なお、冷媒供給管88A、88Bは、実際には冷媒供給装置102に一端が接続された本管と、この本管の他端に分配器89A、89Bを介してそれぞれ接続された枝管とから構成されている(図2参照)。また、前記各ねじ穴78c、78dには、図3に示されるように、外周部に雄ねじが形成された冷媒排出用ジョイント90A、90Bの一端側がそれぞれ取り付けられ、これらの冷媒排出用ジョイント90A、90Bの他端は、図2に示されるように、冷媒排出管92A、92Bをそれぞれ介して冷媒供給装置102に接続されている(図5参照)。なお、冷媒供給管88A、88Bも、実際には冷媒供給装置102に一端が接続された本管と、この本管の他端に分配器を介してそれぞれ接続された枝管とから構成されている。

【0069】図5には、ベース32の冷却系の構成が簡略化して示されている。この図5の冷却系は、冷媒供給機104と、冷凍機106と、これらを制御するマイクロコンピュータから成るコントローラ108とを備えた流体供給装置としての冷媒供給装置102を中心として構成されている。

【0070】冷媒供給機104は、内部に第1流体、第2流体をそれぞれ収容可能な2つの流体収容室(冷媒収容室)が設けられ、それぞれの吐出口には冷媒供給管88A、88Bを介してベース32内部の第1の流体通路62の一端、第2の流体通路64の一端が、それぞれ接続されている。冷媒供給機104は、コントローラ108からの指示に基づいて、吐出する第1流体、第2流体のレイノルズ数 Re に関連する所定の物理量、例えば流速(あるいはこれに対応する吐出圧)を個別に調整するとともに、その流速調整後の第1流体、第2流体を冷媒供給管88A、88B内にそれぞれ吐出する。

【0071】また、冷凍機106は、内部に第1流体、第2流体をそれぞれ収容可能で前記冷媒供給機104内の各流体収容室に配管系を介してそれぞれ接続された2つの流体収容室(冷媒収容室)が設けられている。冷凍機106内の各流体収容室の冷媒供給機104と反対側には、冷媒排出管92A、92Bをそれぞれ介してベース32内部の第1の流体通路62の他端、第2の流体通路64の他端が、それぞれ接続されている。冷凍機106は、コントローラ108からの指示に応じて、第1、第2流体の温度を、ベース32の雰囲気温度より低い温度に冷却して冷媒供給機104に送る。すなわち、本実施形態では、コントローラ108と冷凍機106とによって第1、第2流体の温度をベース32の雰囲気温度より低い温度に制御する温度制御装置が構成されている。

【0072】本実施形態では、第1流体としては例えばフッ素系不活性液体(製造元:住友スリーエム株式会社、フッ素系不活性液体)が、第2流体としては例えば水が、それぞれ用いられる。

【0073】前記コントローラ108は、例えば、第1、第2の流体通路62、64の形状(寸法を含む)及び表面状態、第1、第2流体の動粘性係数等の情報を予めメモリに記憶しており、これらの情報に基づいて、第1の流体通路62内のフッ素系の流れ及び第2の流体通路64内の水の流れのレイノルズ数 Re をそれぞれ算出し、そのフッ素系の流れが層流となり、かつ水の流れが遷移流($2000 < Re < 3000$)となるような流速(あるいは吐出圧)の指令値を冷媒供給機104に与える。また、このコントローラ108では、不図示の温度センサの検出結果に基づいて水及びフッ素系の温度がベース32の雰囲気温度より低温となるような指令値を冷凍機106に与えるようになっている。

【0074】なお、上記の説明では、特に説明をしなかったが、第1、第2の流体通路62、64内の流体が外部に漏出しないように、フィルム60と柱68との接触部、スペーサ70と固定子ヨーク58との接触部、スペーサ70と容器56の底壁との接触部、その他第1、第2の流体通路62、64と他の部材との繋ぎめの部分などには適宜シーリングが施されていることは勿論である。

【0075】上述のベース32を組み立てる際には、まず、図4に示されるように、床面FDに複数本の支柱72を介して支持されたベース32の下側構造体(すなわち容器56の下側部材56B(固定子ヨーク58及び電機子コイル34が既に組み付けられている)と下側取付部材54A₂、54B₂とが一体化された構造体)に、ベース32の上側構造体(すなわち容器56の上側部材56A(フィルム60及び柱68が既に組み付けられている)と上側取付部材54A₁、54B₁とが一体化された構造体)を、上方から組み付ける。この組み付けの際に、各柱68が対向する電機子コイル34の中空部、及び前述した円形開口58a部分、スペーサ70及び円形開口56c部分によって形成される上下方向に所定長さで延びる一連の断面円形の丸孔内に順次挿入され、該丸孔を介して、柱68の下端が下側部材56Bの底面から外部に露出する。

【0076】次に、固定部材74が、図4に仮想線で示される下側部材56Bの底面に当接する位置まで持ち上げられ、この状態で各ボルト76が固定部材74の各段付きの円形開口74a、及び各柱68の中空部を介してナット66に螺合され、ボルト76を適当に締め付けることにより、ベース32の下側構造体と上側構造体が一体化される。なお、図示は省略したが、容器56の下側部材56Bと上側部材56Aとの間には、緩衝材が介装されている。

(註 0) 100-175434 (P2000-P機械)

【0077】最後に、ねじ穴78a、78b、78c、78dに、冷媒供給用ジョイント86A、86B、冷媒排出用ジョイント90A、90Bをそれぞれ接続することにより、図3及び図1に示されるベース32が完成する。

【0078】この場合、図3からもわかるように、ベース32の上側構造体と下側構造体とは、機械的に強固に結合されているわけではなく、ボルト76を介して見かけ状一体化されているに過ぎない。すなわち、上側構造体と下側構造体との接触部分は、不図示の緩衝材が介装された部分のみで接触しているに過ぎない。従って、ウエハステージWSTの駆動の際に、下側構造体内の各電機子コイル34に生ずる反力は支柱72を介して床面FDに伝達され、上記反力が直接的に上側構造体の振動要因とならないようになっている。すなわち、本実施形態では、容器56の下側部材56B及び支柱72によって、移動面32aが設けられた第1部材としての上側部材56Aと振動に関して絶縁され、電機子コイル34（及び固定子）を保持する保持部材が構成されている。

【0079】この場合、移動面32aが形成された上側部材56Aはボルト76を介して、本体コラム12に固定された固定部材74に固定されており、本体コラム12に投影光学系PLが保持されているので、移動面32aと投影光学系PLとの相対位置関係は一定の関係に維持される。従って、ベース32上面に固定されたウエハ干渉計46によって基板テーブル36（ウエハステージWST）の位置を高精度に計測することができる。また、上記各電機子コイル34に生ずる反力が本体コラム12に保持された投影光学系PLの振動要因となることもない。

【0080】ここで、上述のようにして構成されたベースの冷却系の作用について簡単に説明する。冷媒供給装置102からのベース32の雰囲気温度より低い温度に冷却されたフロリナートは、冷媒供給用ジョイント86Aを介してジョイント取付部材54A内に供給され、該ジョイント取付部材54A内の複数の溝80aをそれぞれ通過する際に絞られ、これらの溝80aの出口部分で合流し、ベース本体52のY方向寸法とほぼ同じ幅寸法を有するフィルム状の水流となって、貫通孔82aを介してX方向一側から第1の流体通路62内に流入し、該第1の流体通路62内をほぼ一定速度でX方向他側に向かって流れ、貫通孔82c及び複数の溝80cを経て、冷媒排出用ジョイント90A及び冷媒排出管92Aを介して冷媒供給装置102に戻り、そこで冷却されて再びベース内に供給され、このようにして第1流体としてのフロリナートが循環使用される。

【0081】この場合、前述の如く、冷媒供給機102内のコントローラ108によって流速が調整され、第1の流体通路62内の流れ、具体的にはフィルム60に沿って流れるフロリナートの流れは層流（臨界レイノルズ

数以下）となっており、流れ中に温度境界層を形成することができる。このため、フィルム60と容器56の天井壁57との間の流れが図7に示されるように、高温部と低温部との境界が存在するような流れとなり、電機子コイル34の熱が容器56の天井壁57に伝達される前にフロリナートが冷媒排出用ジョイント90Aを介して冷媒排出管92A内に排出され、電機子コイル34の熱が移動面32a側に伝達されるのをほぼ確実に防止することができる。すなわち、本実施形態では、第1流体が流れる第1の流体通路62を形成する空間が断熱室として機能している。

【0082】また、この場合、第1の流体通路62内のフロリナートは、ベース本体52内に所定間隔で2次元方向に配置された突起部56aの周囲を流れるため、かかる突起部56aの存在によりその流れが乱れる可能性がある。そこで、かかる事態の発生を未然に防止するために、本実施形態では、柱68とともに変形防止部材を構成する突起部56aの外形の形状を前述したようなX軸方向に細長く延びる層流翼形状としているのである。

【0083】また、冷媒供給装置102からのベース32の雰囲気温度より低い温度に冷却された水は、冷媒供給用ジョイント86Bを介してジョイント取付部材54A内に供給され、該ジョイント取付部材54A内の複数の溝80bをそれぞれ通過する際に絞られ、これらの溝80bの出口部分で合流し、ベース本体52のY方向寸法とほぼ同じ幅寸法を有するフィルム状の水流となって、貫通孔82bを介してX方向一側から第2の流体通路64内に流入し、該第2の流体通路64内をほぼ一定速度でX方向他側に向かって流れ、貫通孔82d及び複数の溝80dを経て、冷媒排出用ジョイント90B及び冷媒排出管92Bを介して冷媒供給装置102に戻り、そこで冷却されて再びベース32内に供給され、このようにして第2流体としての水が循環使用される。

【0084】この場合、前述の如く、冷媒供給装置102内のコントローラ108によって流速が調整され、第2の流体通路64内の水の流れ（特に固定子ヨーク58の下面の流れ）はそのレイノルズ数Reが遷移流（ $2000 < Re < 3000$ ）に近い流れとなっているので、第2の流体通路64内の流れが層流である場合に比べ、固定子ヨーク58と水との間で効率の良い熱交換が行われ、各電機子コイル34が迅速かつ効率的に除熱（冷却）される。すなわち、本実施形態では、第2流体が流れる第2の流体通路62を形成する空間が冷却室として機能している。

【0085】固体-液体間熱伝達係数は、流路内流れのレイノルズ数に大きく依存し、例えば流路内流れが乱流の場合、層流の場合に比べて十〜数十倍もあり、遷移流の場合その中間となる。各電機子コイル34で発生した熱の除熱という意味では、固定子ヨーク58の下面の境界層は乱流であることが望ましいが、このようにする

(図1) 00-175434 (P2000-P34)

と、その乱流に起因してベース本体52が振動するおそれがあるため、遷移流としたものである。

【0086】ここで、フィルム60の表面は滑らかにし、固定子ヨーク58の第2の流体通路64側の壁面(下面)は、その表面をフィルム表面より粗く形成することが望ましい。このようにすると、フィルム60に沿って流れるフロリナートの流れの境界層が層流となり易く、また、固定子ヨーク58の下面に沿って流れる水の流れが適度に乱され遷移流となり易いからである。また、上記のようにフィルム60及び固定子ヨーク64の表面状態を設定すると、本実施形態と異なり、冷媒供給装置が吐出流体の流速(又は吐出圧)の調整機能を持たないような場合においても、第1の流体通路62内の流体の流れを層流にし、第2の流体通路64内の流れを遷移流にすることが可能である。

【0087】さらに、本実施形態の場合、図5に示されるように、第1、第2の流体通路62、64内の第1、第2流体の流れLF1、LF2は、同一方向、すなわちX方向一侧から他側に向かう方向となっているので、ベース32全体が均一に冷却される。

【0088】なお、上記と反対に、冷媒供給管88Bに接続された冷媒供給用ジョイント86Bをねじ穴78dに接続し、冷媒排出管92Bに接続された冷媒排出用ジョイント90Bをねじ穴78bに接続しても良い。このようにすると、第1の流体通路62内をフロリナートがX方向一侧から他側に向かう方向に流れ、第2の流体通路64内を水がX方向他側から一侧に向かう方向に流れるようになる。すなわち、第1、第2の流体通路62、64内の流れが互いに逆方向となるので、ベース32全体の温度を下げることができる。なお、第2の流体通路64内に、水に代えてフロリナートを流しても良い。この場合、第2の流体通路64内を流れるフロリナートは第1の流体通路62内を流れるフロリナートよりも低い温度に設定することが望ましい。

【0089】更に、この露光装置100では、図1では図示が省略されているが、投影光学系PLの最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系とから成る特開平5-190423号公報等に開示されるものと同様の斜入射方式の多点焦点位置検出系AFがフォーカス・レベリングセンサとして設けられている(図6参照)。制御装置50では、この多点焦点位置検出系AFで検出されるウエハ表面の複数点の結像面に対するZ方向の位置偏差に基づいてウエハWと投影光学系PLとが所定の間隔を保つように、支持機構38a~38cを介して基板テーブル36をZ方向及び傾斜方向に駆動制御する。

【0090】図6には、露光装置100のステージ制御

系の構成が概略的に示されている。この図6のステージ制御系は、マイクロコンピュータを中心として構成される制御装置50を中心に構成され、この制御装置50の入力側にレチクル干涉計16、ウエハ干涉計46(46X、46Y)、多点焦点位置検出系AF等が接続されている。また、制御装置50の出力側には、支持機構38a~38c、電流駆動回路71、レチクル駆動部15等が接続されている。電流駆動回路71には、前述したn×n個の電機子コイル34が接続されている。

【0091】次に、上述のようにして構成された露光装置100における露光動作の流れについて簡単に説明する。

【0092】まず、不図示の主制御装置の管理の下、不図示のレチクルロード、ウエハロードによってレチクルロード、ウエハロードが行われ、また、不図示のレチクル顕微鏡、基板テーブル36上の不図示の基準マーク板、不図示のアラインメント検出系を用いてレチクルアラインメント、ベースライン計測等の準備作業が所定の手順に従って行われる。

【0093】その後、主制御装置により、不図示のアラインメント検出系を用いてEGA(エンハンスト・グローバル・アラインメント)等のアラインメント計測が実行される。このような動作において、ウエハWの移動が必要な場合には、主制御装置からの指示に応じて制御装置50が磁極ユニット40を構成する推力発生磁石に対向する電機子コイル34に供給する電流値、及び電流方向の少なくとも一方を電流駆動回路71を介して制御することにより、ウエハWを保持する基板テーブル36(ウエハステージWST)を所望の方向に移動させる。アラインメント計測の終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われる。

【0094】この露光動作にあたって、まず、ウエハWのXY位置が、ウエハW上の最初のショット領域(ファースト・ショット)の露光のための走査開始位置となるように、ウエハステージWSTが移動される。同時に、レチクルRのXY位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージRSTが移動される。そして、主制御装置50からの指示に基づき、制御装置50が、レチクル干涉計16によって計測されたレチクルRのXY位置情報、ウエハ干涉計46によって計測されたウエハWのXY位置情報に基づき、レチクル駆動部15及び基板ステージ装置30を介してレチクルRとウエハWとを同期移動させることにより、走査露光が行われる。このウエハWの移動は、制御装置50が、磁極ユニット40を構成する推力発生磁石に対向する電機子コイル34に供給する電流値、及び電流方向の少なくとも一方を電流駆動回路71を介して制御することにより行われる。

【0095】このようにして、1つのショット領域に対するレチクルパターンの転写が終了すると、ウエハステージWSTが1ショット領域分だけステッピングされ

(図2) 100-175434 (P2000-e134)

て、次のショット領域に対する走査露光が行われる。このようにして、ステッピングと走査露光とが順次繰り返され、ウエハW上に必要なショット数のパターンが転写される。

【0096】ここで、上記のアライメント時や走査露光時においては、平面モータ装置の固定子を構成する各電機子コイル34には適宜電流が供給されるので、この電機子コイル34が発熱するが、この熱が移動面32a側へ伝わるのを以下のようにして効果的に抑制（あるいは防止）している。

【0097】すなわち、冷媒供給装置102では、ベース32内の第1の流体通路62内の第1流体（フロリナート）と、第2の流体通路64内の第2流体（水）との流れ条件が異なるように、具体的には第1の流体通路62内部の第1流体の流れLF1（図5参照）が層流となり、第2の流体通路64内部の第2流体の流れ（LF2（図5参照）が乱流に近い遷移流となるように、各流体の流れ状態（ここでは流速）を調整した状態で、各流体通路内に第1、第2流体を供給している。このため、第1の流体通路62内の第1流体の流れの中に温度境界層が形成され、移動面32aへの熱の伝達が効果的に防止される。また、第2の流体通路64内の第2流体と電機子コイル34側の壁を構成する固定子ヨーク58との間の固体-液体間熱伝達率が大きくなるとともに、電機子コイル34が接触する固定子ヨーク58が熱伝導率の高い磁性体材料により形成されていることから、該固定子ヨーク58が磁気回路構成部材として機能するのみでなく、電機子コイル34で発生した熱を効率良く移動面32aと反対側の面に伝達する。この結果、固定子ヨーク58と第2流体との間で効率良く熱交換が行われ、電機子コイル34が効率的に除熱（冷却）され、これによって各電機子コイル34の温度上昇そのものが抑制される。

【0098】また、冷媒供給装置102では、ベース32雰囲気より低温に温度制御した状態で第1、第2流体をベース32内部の第1、第2の流体通路62、64内に供給している。このため、固定子ヨーク58と第2流体との間は勿論、フィルム60と第1流体との間でも熱交換が行われ、電機子コイル34を上下両面側から効率的に冷却することができる。但し、第1流体の流れには温度境界層が存在するために、上記の熱交換を媒介として電機子コイル34の熱が移動面32a側にまで伝わることは殆どない。

【0099】また、本実施形態では、ベース32内に冷媒供給用ジョイント86A、86Bを介してX方向一侧から供給された第1、第2流体をX方向他側の冷媒排出用ジョイント90A、90Bを介して排出する断面面積ほぼ一定の第1、第2の流体通路62、64（溝80a～80d部分を含む）が設けられていることから、冷媒供給用ジョイント86A、86Bを介してベース32内に

流入した第1、第2流体は、フィルム状に広がって各電機子コイル34の上・下方に均一に行き渡り、平面上に展開された複数の電機子コイル34が均一に除熱される。

【0100】以上により、電機子コイル34全面より放出される熱が、移動面32a側に伝達されるのを効果的に抑制することができ、周囲環境に与える熱的影響を可能な限り抑制することができる。また、本実施形態では、冷媒供給装置102から冷媒供給管88A、88B及び冷媒供給用ジョイント86A、86Bを介してベース32内に供給される第1、第2流体は循環使用されているので、常にほぼ一定量の流体を用いて電機子コイル34を冷却することができ、経済的である。

【0101】以上説明したように、本実施形態によると、装置環境への熱的影響を最小限に抑えられることから、基板テーブル36の位置を計測する干渉計46の干渉計ビームの空気揺らぎ等も殆ど問題とならず、精密なウエハの位置決め及び位置制御が可能になる。

【0102】これに加え、移動面32aが設けられた第1部材としての容器56の上側部材56Aとは振動に関して絶縁された状態で、電機子コイル34、固定子ヨーク58を含む固定子が、保持部材としての容器56の下側部材56B及び支柱72によって保持されていることから、平面モータ装置の可動子（磁極ユニット40とエアスライダ42）を含むウエハステージWSTが駆動され、その反力が電機子コイル34に作用しても、その反力が電機子コイル34を介して第1部材としての容器56の上側部材56Aに伝達されることがない。従って、ウエハステージWSTの駆動に伴う上側部材56A（すなわち移動面32a）の振動を防止することができ、上側部材56Aがボルト76を介して固定された固定部材74、ひいては該固定部材74が固定された本体コラム12の振動を防止することができ、これによりウエハステージWSTの駆動による反力に起因して投影光学系PL、干渉計46等が振動するのを防止することができる。

【0103】従って、本実施形態の露光装置100によると、電磁力駆動方式の平面モータ装置を備えた基板ステージ装置30によりウエハWを精度よく高速に位置制御することができるとともに、スループットを向上しつつ、高い露光精度で露光を行うことが可能になる。

【0104】なお、上記実施形態で基板ステージ装置30側に設けられた平面モータ装置及びその冷却系統をレチクルステージRST側に適用しても良い。

【0105】なお、上記実施形態で説明した平面モータ装置の構成要素である磁極ユニット40、エアスライダ42、ベース32、及びその冷却系の構成等は一例であって、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、例えば磁極ユニットを構成する磁石の数は1つ、2つ、3つ、あるいは5つ以上であっても良く、また、エ

(註3) 100-175434 (P2000-Ph34)

アスライダを設けることなく、磁極ユニットを構成する磁石取付部材に直接複数のエアパッドを取付けてエアスライダを構成しても良い。

【0106】また、ベース内の断熱室、冷却室には、内部に流体を流す流体通路を必ずしも形成する必要はなく、例えば、断熱室内に断熱材を介装したり、あるいは断熱室内を真空にする等、断熱室の構成は種々考えられ、また、冷却室内をペルチェ素子、あるいはヒートパイプで冷却する等、冷却室の構成も種々考えられる。かかる場合であっても、ウエハステージWSTを駆動する際に、断熱室により電機子コイルで発生した熱が移動面に伝達されるのが抑制ないしは防止され、冷却室により電機子コイルが冷却される。従って、電機子コイルを冷却できるとともに、電機子コイルで発生した熱が移動面側へ伝達されベースの周囲環境へ与える影響を抑制することができる。

【0107】また、上記実施形態では、ベース32の下側構造体（すなわち容器56の下側部材56B（固定子ヨーク58及び電機子コイル34から成る固定子が既に組み付けられている）と下側取付部材54A₂、54B₂とが一体化された構造体）が、移動面32aが形成された第1部材としての上側部材56A（フィルム60及び柱68が既に組み付けられている）を含むベース32の上側構造体と振動に関して独立して、床面に植設された支柱72によって支持された場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、図8に示されるように、床面に植設された保持部材としての一对のリアクションフレーム202A、202Bによって、ベース32の下側構造体（すなわち容器56の下側部材56B（固定子ヨーク58及び電機子コイル34から成る固定子が既に組み付けられている）と下側取付部材54A₂、54B₂とが一体化された構造体）を、上記のベース32の上側構造体とは独立して支持するようにしても良い。なお、図8においては、重複説明を避けるため同一若しくは同等の構成部分については図3と同一符号を用いている。

【0108】かかる図8の支持構造によっても、平面モータ装置の移動装置（磁極ユニット40とエアスライダ42）を含むウエハステージWSTが駆動され、その反力が電機子コイル34に作用しても、その反力はリアクションフレーム202A、202Bを介して床面FDに伝達されるのみで、電機子コイル34を介して第1部材としての容器56の上側部材56Aに伝達されることがない。従って、ウエハステージWSTの駆動に伴う上側部材56A（すなわち移動面32a）の振動を防止することができ、上側部材56Aがボルト76を介して固定された固定部材74、ひいては該固定部材74が固定された本体コラム12の振動を防止することができ、これによりウエハステージWSTの駆動による反力に起因して投影光学系PL、干渉計46等が振動するのを防止す

ることができる。

【0109】さらに、上記実施形態において冷却系を、例えば図9のように構成しても良い。この図8の冷却系は、第2流体の流通経路となる配管系110の構成が上記実施形態と異なる。すなわち、この図8の冷却系は、第2流体の流れLF2を第2の流体通路64内で、図9中に点線矢印で示される向き、及びこれと反対の向きに切換え可能に構成したものである。

【0110】図9において、配管系110は、4つの端部110a～110dを有し、第1の端部110aが冷媒供給機104の第2流体の吐出口に接続され、第2の端部110bがベース32の第2の流体通路64の一端に接続され、第3の端部110cが第2の流体通路64の他端に接続され、第4の端部110dが冷凍機106に接続されている。この配管系110には、図9に示されるように、コントローラ108によって、開成・閉成が制御される4つの開閉弁（電磁バルブ）112A～112Dが設けられている。この場合、開閉弁112A、112Bを開成し、開閉弁112C、112Dを閉成することにより、第2流体の流れLF2の向きが第1流体の流れLF1の向きと同一方向となり、開閉弁112A、112Bを閉成し、開閉弁112C、112Dを開成することにより、第2流体の流れLF2の向きが第1流体の流れLF1の向き逆方向となる。すなわち、図8の実施形態では、配管系110、コントローラ108、及び4つの開閉弁112A～112Dによって、第1流体の流れLF1と第2流体の流れLF2とを同一方向又は逆方向に設定する設定装置が実現されている。

【0111】また、上記実施形態では、第1、第2流体として液体を用い、これらを循環使用する場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、流体としては液体に限らず気体を用いても良く、また、流体として例えば空気等を用いる場合には、必ずしも循環使用する必要はない。

【0112】なお、上記実施形態において、ベースの移動面32aに沿って移動するウエハステージWSTを複数設けても良い。例えば、ウエハステージを2つ設けた場合には、一方のウエハステージ上のウエハを露光している間に、他方のウエハステージ上でウエハ交換、あるいはウエハに対する露光前の計測（例えばアライメント）等の他の動作を同時並行的に行うことができるので、スループットの向上を図ることができる。

【0113】なお、本発明に係る露光装置は、上記実施形態でも説明したように、基板を精度よく高速に位置制御することができ、スループットを向上しつつ高い露光精度で露光が可能になるように、該装置を構成する各構成要素が電氣的、機械的又は光学的に連結されて組み上げられる。

【0114】また、上記実施形態では、本発明に係る平面モータ装置が走査型のDUV露光装置の基板ステージ

(4) 100-175434 (P2000-KE34)

装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、ステッパ等の静止型露光装置は勿論、電子線露光装置等の荷電粒子線露光装置、波長5～15 nm程度の軟X線領域の光を露光光とし用いるいわゆるEUVL等の露光装置、露光装置以外の装置、例えば検査装置や基板搬送装置等にも好適に適用できるものである。

【0115】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1～9に記載の各発明によれば、周囲環境への熱的影響を抑制することができるという効果がある。

【0116】また、請求項10に記載の発明によれば、移動子の駆動に伴う第1部材（移動面）の振動を防止することができるという効果がある。

【0117】また、請求項11に記載の発明によれば、高スループットを維持しつつ高精度な露光が可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の基板ステージ装置を示す平面図である。

【図3】図1のベース部分を拡大して示す図である。

【図4】図1のベースの組み立て手順を説明するための図である。

【図5】図1の露光装置を構成するベースの冷却系の構成を概略的に示す図である。

【図6】図1の露光装置のステージ制御系の構成を簡略化して示すブロック図である。

【図7】第1の流体通路内の流体の流れの状態を示す図である。

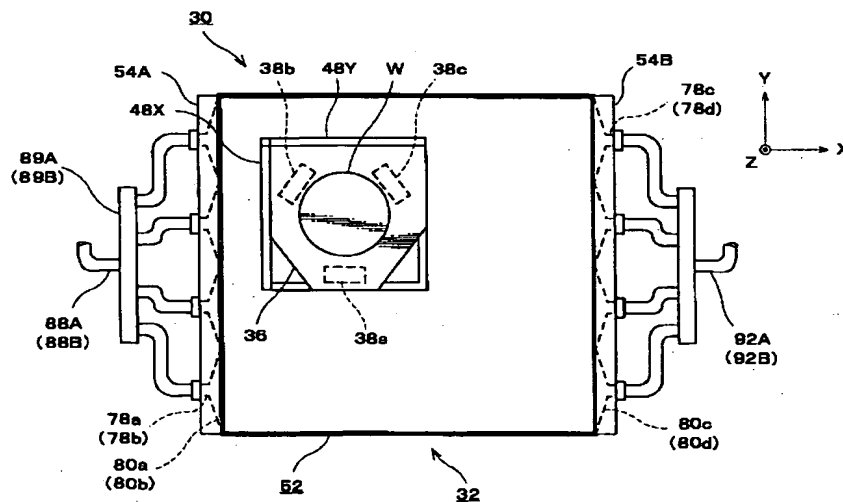
【図8】平面モータ装置の固定子を含むベースの下側構造体の支持構造の変形例を示す図である。

【図9】ベースの冷却系の他の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

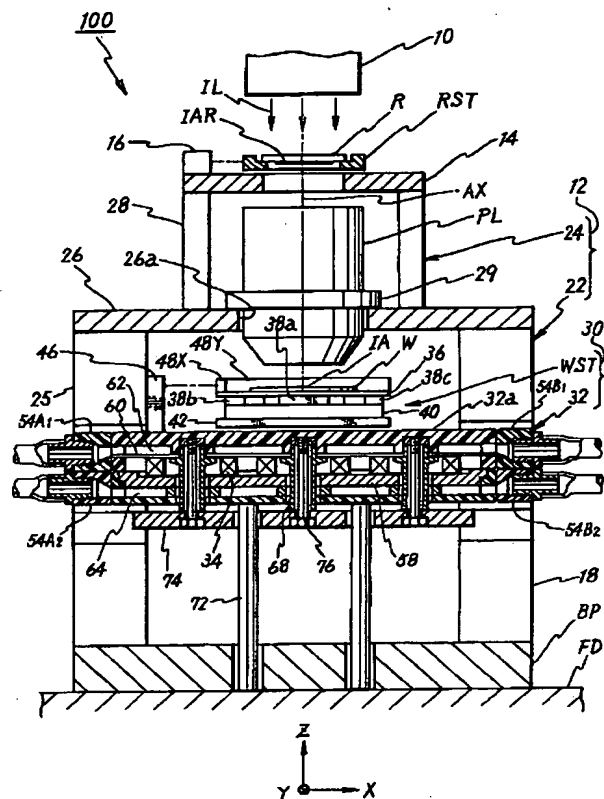
30…基板ステージ装置、32…ベース（固定装置、平面モータ装置の一部）、32a…移動面、34…電機子コイル（固定子の一部）、40…磁極ユニット（移動装置の一部、移動子の一部、平面モータ装置の一部）、42…エアスライダ（移動装置の一部、移動子の一部、平面モータ装置の一部）、56a…突起部（変形防止部材の一部）、56A…上側部材（第1部材）、56B…下側部材（保持部材の一部）、57…天井壁（第1の壁）、58…固定子ヨーク（固定子の一部）、60…フィルム（仕切り部材）、62…第1の流体通路（断熱室）、64…第2の流体通路（冷却室）、68…柱（変形防止部材の一部）、72…支柱（保持部材の一部）、100…露光装置、102…冷媒供給装置（流体供給装置）、106…冷凍機（温度制御装置の一部）、108…コントローラ（温度制御装置の一部）、W…ウエハ（基板）。

【図2】

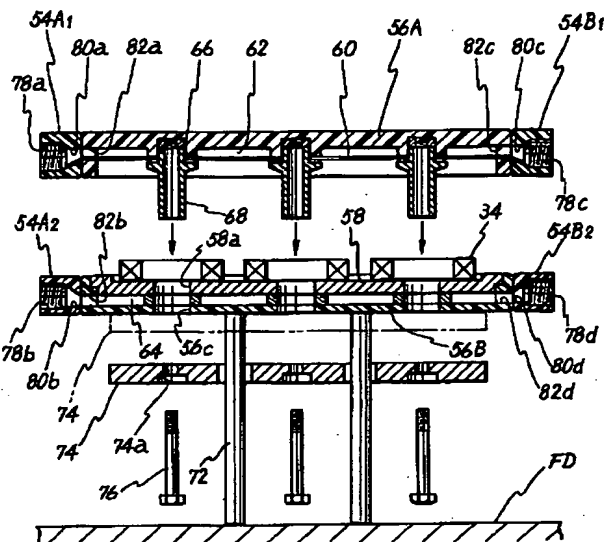


(図5) 100-175434 (P2000-0L34)

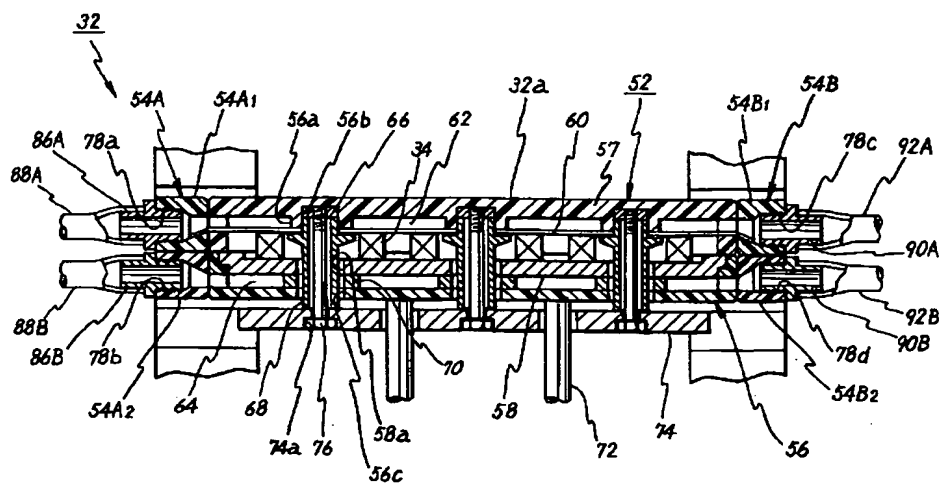
【図1】



【図4】



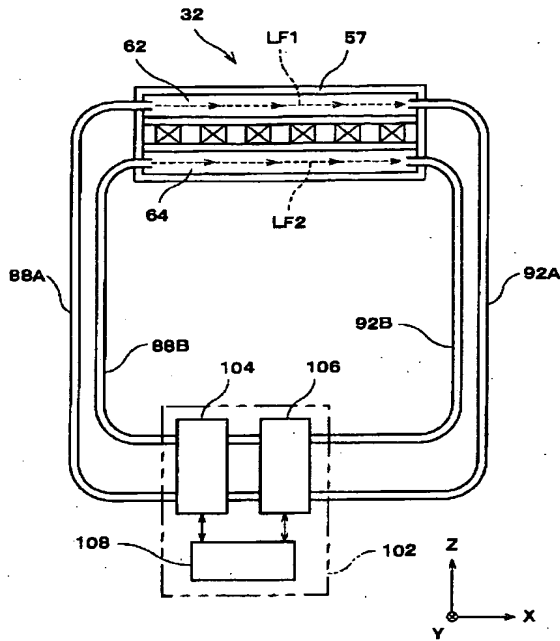
【図3】



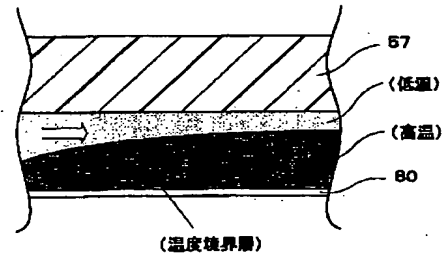
BEST AVAILABLE COPY

(第6) 00-175434 (P2000-0'Y34

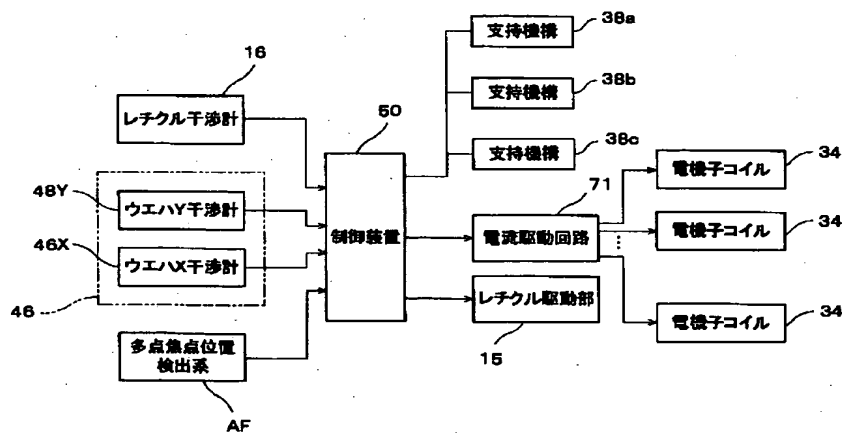
【図5】



【図7】

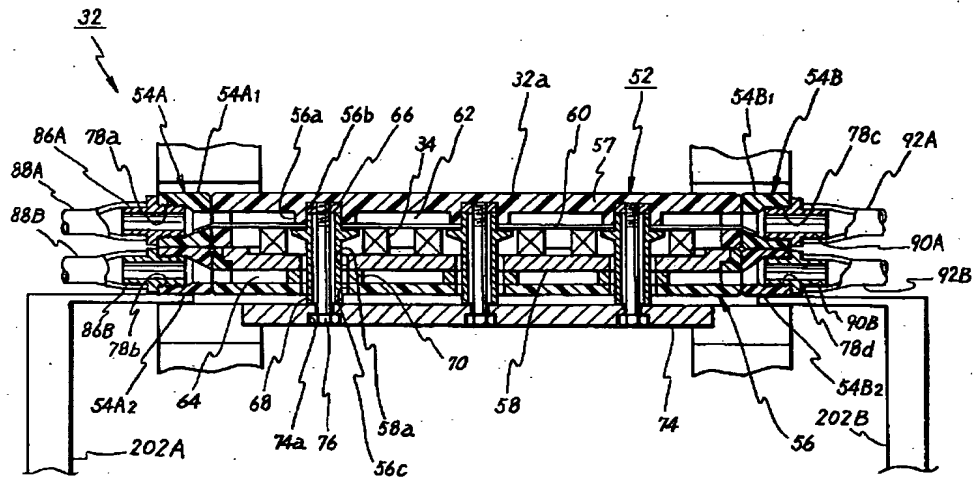


【図6】

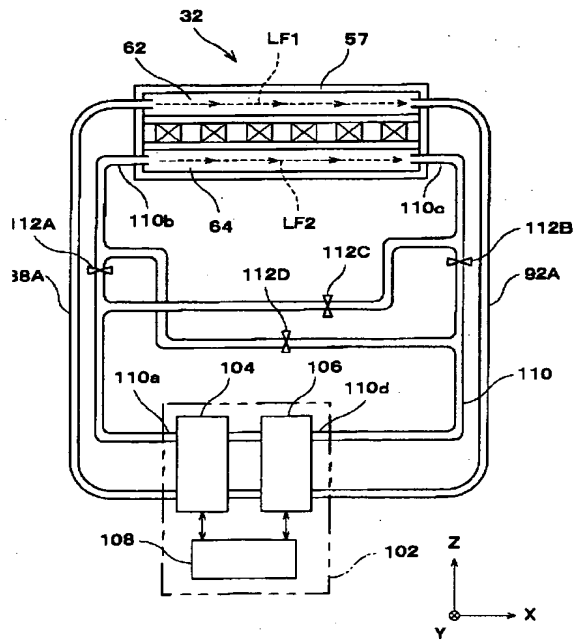


(第 7) 100-175434 (P2000-) 裡 械

【図 8】



【図 9】



(8) 100-175434 (P2000-0;234

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

H O I L 21/30

5 1 6 B

キーワード (参考)

Fターム(参考) 5F031 CA07 LA08 MA27
5F046 BA05 CA04 CA08 CC01 CC02
CC03 CC05 CC09 CC10 CC16
CC18 CC20 DA04 DA26
5H603 AA12 AA13 BB09 BB15 CA01
CA02 CA05 CB01 CC14 CC19
5H609 BB03 BB08 PP02 PP09 QQ02
QQ04 QQ05 QQ07 QQ10 QQ16
RR01 RR32 RR38 RR41 RR46
RR51 RR69 RR71 RR73 RR74
SS06 SS21 SS23
5H641 BB06 BB15 BB18 BB19 GG02
GG03 GG05 GG07 GG11 GG12
GG26 GG29 HH02 HH03 HH05
HH13 HH14 JA06 JB03 JB04
JB05 JB09 JB10